

## Oponentský posudek

### Disertační práce

**Autor:** Ing. Jaroslav Císar

**Téma disertační práce:** „Modifikace biokompozitních systémů na bázi polylaktidu za účelem rozšíření jejich aplikačního potenciálu“

Stanovisko jsem vypracovala na základě zadání pana prof. Mgr. Milana Adámka, Ph.D. rektora UTB, ze dne 7. 7. 25

#### 1. Relevance zvoleného tématu disertační práce

Disertační práce se zabývá modifikací fyzikálních vlastností polylaktidu a studiem vlivu hydrolytické degradace na jeho výsledné vlastnosti za účelem podpory jeho aplikačního potenciálu. Zvolené téma je relevantní pro studijní program P0711D130023 Biomateriály a biokompozity.

#### 2. Zpracování disertační práce

Disertační práce byla vypracována v českém jazyce ve formě monografie o rozsahu 212 stran včetně příloh. Text je psán velmi dobrou češtinou, stylisticky kultivovaně a odborně přesně. Práce je přehledná, srozumitelná a odpovídá požadované odborné úrovni doktorského studia. Díky logické struktuře a kvalitnímu zpracování se četla plynule a s odborným zájmem.

Teoretická část práce je velmi přehledná, logicky strukturovaná a pokrývá všechny klíčové aspekty týkající se kyseliny mléčné a polylaktidu (PLA). Autor nejen shrnul dostupné poznatky, ale také je zasadil do kontextu ekologických a technologických trendů, jako je cirkulární ekonomika, recyklace a rozvoj bioplastů s vyšší užitnou hodnotou. Je zřejmé, že se v dané problematice dobře orientuje a dokáže ji uchopit jak z technologického, tak environmentálního hlediska.

Odstavec věnovaný kompozitům PLA s nano-přírodními vlákny však působí oproti zbytku textu poněkud nedopracovaný. Autor uvádí, že výzkum je zaměřen na zvýšení tepelné odolnosti, avšak přírodní vlákna svým charakterem obvykle přispívají spíše ke snížení tepelné stability. Závěrečná věta, která zmiňuje zvýšení teploty maximálního úbytku hmotnosti PLA z 350 na 450 °C při přidavku dřevní buničiny a bioadimidu, sice naznačuje, že zlepšení je dosaženo díky aditivu blokujícímu hydrolyzu, ale tento záměr není v textu jasně formulován. Doplnění této části o hlubší vysvětlení mechanismu účinku jednotlivých složek by přispělo k větší srozumitelnosti.

#### 3. Dosažené výsledky disertační práce

Výsledky a diskuse disertační práce byly rozděleny do dvou částí, které souviseli se stanovenými cíli práce. V první experimentální části se autor věnoval vlivu přídatku 10 %  $\text{CaCO}_3$  a 4 % PLA/PEG na vlastnosti PLA2003D. Materiál byl zpracován na dvoušnekovém vytlačovacím stroji, následně byly připraveny fólie o tloušťce 0,5 mm, ze kterých byly tvarovány polotovary. Experiment byl navržen systematicky a zahrnoval i studium efektu krystalizace pomocí temperace – byly připraveny čtyři typy vzorků: amorfní PLA, krystalický PLA, amorfní kompozit a krystalický kompozit.

Bylo provedeno široké spektrum analýz (TGA, DSC, FTIR, DMA, permeabilita, tahové vlastnosti aj.), výsledky byly přehledně prezentovány a doplněny vhodnou fotodokumentací. V části věnované DMA by bylo vhodné podrobněji interpretovat změny hodnot  $\tan \delta$ , zejména s ohledem na rozdíly mezi amorfními a krystalickými vzorky. Uvedený výsledek, kdy krystalický PLA vykazuje vyšší pík  $\tan \delta$  než amorfní, je v rozporu s očekávaným chováním a zasloužil by si hlubší diskusi.

Ve druhé experimentální části se student zaměřil na vliv hydrolytické degradace a teploty na strukturní vlastnosti PLA a PLA kompozitů při dlouhodobé expozici ve vodném prostředí. Po 5003 hodinách došlo k rozpadu fólií na jemný prášek, tedy mikročástice. Vzhledem k tomu, že nebyl sledován vývoj  $\text{CO}_2$ ,

nelze posoudit, zda došlo k úplné biodegradaci. Doplnění této informace by přispělo k komplexnějšímu hodnocení environmentálního dopadu materiálu.

#### 4. Publikáční činnost autorky

Autor disertační práce během doktorského studia publikoval 13 článků v odborných časopisech, z toho dvakrát jako první autor, a prezentoval 4 příspěvky na konferencích. Dále byl členem autorského týmu u 8 výstupů aplikovaného výzkumu, což svědčí o jeho aktivním zapojení do vědecké i prakticky orientované výzkumné činnosti. Tato publikační aktivita je v rámci doktorského studia velmi úctyhodná a potvrzuje vysokou odbornou úroveň doktoranda.

#### 5. Dotazy

- V teoretické části zmiňujete, že přídavek dřevní buničiny a bioadimidu vedl ke zvýšení teploty maximálního úbytku hmotnosti PLA. Mohl byste podrobněji vysvětlit, jaký je mechanismus tohoto zlepšení? Jaký je samostatný vliv dřevní buničiny a jaký vliv má bioadimid?

- V praktické části práce věnované dynamicko-mechanické analýze (DMA) uvádíte změny hodnot  $\tan \delta$ , které souvisejí s vnitřní disipací mechanické energie v materiálu. Mohl byste prosím blíže vysvětlit, proč dochází k výrazné změně  $\tan \delta$  mezi amorfními a krystalickými vzorky, a jaký vliv má přídavek  $\text{CaCO}_3$  a PLA/PEG na viskoelastické chování kompozitu? Zároveň bych se ráda zeptala na výsledek, kde krystalický PLA vykazuje vyšší pík  $\tan \delta$  než amorfní PLA. Tento výsledek je poněkud neobvyklý, protože krystalické fáze obvykle omezují pohyblivost řetězců a tím snižují ztrátové vlastnosti. Mohl byste tento výsledek interpretovat, případně zhodnotit, zda se nejedná o chybu v měření, záměnu vzorků nebo jiný vliv?

- Ve vaší práci uvádíte, že po dlouhodobé hydrolytické degradaci došlo k rozpadu fólií na jemný prášek. Vysvětlíte prosím, jaký je environmentální význam tohoto jevu. Jaký je rozdíl mezi fyzikálním rozpadem na mikročástice a skutečnou biodegradací, při které dochází k mineralizaci polymeru? Dále vysvětlíte rozdíl mezi domácím a průmyslovým kompostováním z hlediska podmínek (např. teplota, doba, mikrobiální aktivita) a diskutujte, zda by vaše vzorky byly vhodné pro rozklad v těchto prostředích.

#### 6. Závěr:

Dizertační práce splňuje požadavky kladené na doktorskou práci ve studijním programu *Biomateriály a biokompozity*. Student prokázal hluboké porozumění problematice, schopnost samostatné vědecké práce i prezentace výsledků. Práce má přínos jak z hlediska základního výzkumu, tak i s ohledem na možné aplikace v oblasti biodegradabilních materiálů.

**Práci doporučuji k obhajobě.**

S pozdravem,

Prof. Ing. Adriána Kovalčík, Ph.D.



Ústav chemie potravin a biotechnologií

Fakulta chemická

Vysoké učení technické v Brně

Purkyňova 118, 612 00 Brno